

Retraso en el crecimiento en la Sonora antigua

James T. Watson *
Caitlin McPherson **
Cristina García Moreno ***
M. Elisa Villalpando C. ***

Recepción: 28 de marzo de 2019.
Aceptación: 14 de octubre de 2019.

Resumen

El estudio de la salud en las poblaciones antiguas resulta complicado cuando intervienen factores relacionados con la fragilidad y representatividad de la muestra y con la susceptibilidad de los individuos. El retraso en el crecimiento de los niños puede ser el resultado de múltiples factores de estrés biológico. En este trabajo evaluamos las evidencias de este indicador de crecimiento en dos muestras arqueológicas de Sonora, una de ellas procedente de los primeros grupos de agricultores (del sitio La Playa, ocupado entre 2000 y 4000 años antes del presente) y la otra de grupos agricultores más tardíos (El Cementerio, alrededor de 1000 a 500 años antes del presente). Los resultados señalan que la mortalidad en la muestra de El Cementerio (56.8%) fue casi cuatro veces mayor con respecto a la muestra de La Playa (16.2%). La comparación de la edad a la muerte de esa población subadulto, estimada a partir del grado de desarrollo de los dientes y la longitud de los huesos largos, permitió identificar un retraso en el crecimiento en los individuos evaluados en ambas muestras. De los 13 menores medidos en la muestra de La Playa, ocho presentaron un retraso en el crecimiento,

* Arizona State Museum, University of Arizona, School of Anthropology, University of Arizona. watsonjt@email.arizona.edu

** School of Anthropology, University of Arizona. cmcpherson@email.arizona.edu

*** Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro INAH Sonora. cristina_garciamoreno@inah.gob.mx

*** Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro INAH Sonora. elisavillalpando@hotmail.com

mientras que la totalidad de los siete individuos evaluados en la muestra de El Cementerio presentaron dicha anomalía. Aunque el retraso fue más consistente en la muestra de El Cementerio, el impacto fue más notorio en varios individuos de La Playa, lo cual puede ser indicador de una mayor susceptibilidad individual. La comparación de la estatura estimada en los menores de 12 años reveló que la mayoría de los subadultos de La Playa (menos los individuos más gravemente afectados), eran más altos que sus homólogos en El Cementerio. Nuestros resultados indican que el estrés biológico en el desarrollo temprano generalmente está ligado con la morbilidad, la mortalidad y el potencial de estatura de los niños.

Palabras clave: salud, crecimiento, retraso en el crecimiento.

Abstract

Estimating human health in ancient populations is fraught with complications related to frailty, individual susceptibility, and sample representativeness. Impaired growth and development in children (stunting) is a common issue in the developing world and can result from a variety of biological stressors. Here we assess evidence for stunting and address potential etiologies in archaeological samples in Sonora by comparing early foraging-farming (La Playa; circa 2,000-4,000 ybp) and late prehistoric agricultural (El Cementerio; circa 1000-500 ybp) groups. Juvenile mortality is nearly four-times greater in the El Cementerio sample (56.8%) compared to the La Playa sample (16.2%). Comparisons of age estimates based on dental versus long bone development identify that stunting was present but affected both juvenile mortuary samples differently. Eight of the 13 juveniles measured from La Playa experienced stunting, whereas all seven juveniles measured from El Cementerio experienced stunting. Although stunting was more consistent in the later sample, several individuals from La Playa experienced greater degrees of growth delay, perhaps indicative of individual susceptibility or prolonged exposure to biological stressors. Comparisons of juvenile stature between the samples display a similar trend in which most juveniles from La Playa (apart from the most severely affected individuals) were consistently taller than their counterparts in the El Cementerio sample. Our results indicate that early biological stress, likely linked to poor health, impact morbidity, mortality, and juvenile stature.

Key words: health, growth, stunting.

Introducción

Los resultados de la investigación epidemiológica de las últimas décadas muestran una considerable disminución en la mortalidad de infantes y niños, por lo menos tres veces menor que en tiempos anteriores. Aunque en las regiones más pobres del mundo, como el sur de Asia y el África subsahariana, la prevalencia del retraso en el crecimiento -en estas mismas categorías de edad- también ha disminuido de manera significativa, no ha ocurrido lo mismo con la mortalidad, ya que continúa afectando de manera particularmente grave a un tercio de la población infantil y el retraso en el crecimiento representa casi el 14% de las muertes infantiles en los países en desarrollo (Danaei et al., 2016).

En la perspectiva global moderna, según lo definen los Estándares de Crecimiento Infantil de la Organización Mundial de la Salud 2006 (oms 2018), éste se mide a partir del puntaje Z de talla para la edad¹, el cual debe ser menor a dos desviaciones estándar por debajo del promedio total. Hay una gran variedad de factores de riesgo que se asocian con el retraso en el crecimiento en las poblaciones actuales, éstos incluyen elementos del entorno social, tecnológico y biológico (Black et al., 2008; Black et al., 2013; Bhutta et al., 2013; Stevens et al., 2012). Un estudio global reciente sobre los factores de riesgo en niños de 24 a 35 meses de edad, en 137 países en desarrollo, identificó la restricción del crecimiento fetal (FGR por sus siglas en inglés) y la mala higiene, como los principales factores que contribuyen con este retraso (Danaei et al., 2016).

La investigación moderna sobre el retraso en el crecimiento se centra principalmente en el análisis de los primeros 1000 días de desarrollo, como una ventana crítica para intervenir en esta falla (Richard et al., 2014), pero existen también otras posibilidades de recuperación de la velocidad del crecimiento si las condiciones posteriores llegan a mejorar (Prentice et al., 2013). Dentro de una muestra en la que están representados 54 países de escasos recursos de África y del sudeste asiático, Prentice y sus colegas (2013) demostraron que dicha recuperación puede ocurrir cuando se dispone de una nutrición adecuada durante los momentos más sensibles del desarrollo, que comprenden desde el período de

¹ Este es un indicador de calidad del crecimiento propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que se construye correlacionando la talla (estatura) con la edad del niño. Los valores normales deben oscilar entre -2 y 2 desviaciones estándar del promedio obtenido para la población de referencia. En el caso de las poblaciones antiguas, en lugar de la estatura del niño se utilizan las longitudes diafisarias de los huesos largos.

destete hasta la adolescencia temprana.

Estos autores plantean también la hipótesis de que la recuperación de la velocidad de crecimiento después de los 24 meses de vida, es el resultado de la maduración inmunológica, que implica respuestas adaptativas a patógenos que efectivamente reducen "la frecuencia y la gravedad de las infecciones que afectan el crecimiento" (Prentice et al., 2013, p. 914).

Los adolescentes de ambas muestras de Sonora, que presentan una discordancia negativa de por lo menos dos años, entre la estimación de la edad a partir de indicadores dentales y la edad estimada a partir de la longitud de los huesos largos, se sitúan en la cúspide o dentro de esta ventana de recuperación potencial de crecimiento. No obstante, si se considera que estos individuos estuvieron involucrados en actividades de subsistencia, lo cual quizás aumentó de manera simultánea tanto sus cargas energéticas como su exposición al medio ambiente y a los patógenos transmitidos por el agua, es muy posible que no hubieran llegado a recuperar la velocidad del crecimiento dentro de esa ventana de oportunidad. Los adolescentes representan la proporción más pequeña de ambas muestras mortuorias, lo que indica que las personas con retraso en el crecimiento pudieron haber sido especialmente susceptibles a estrés nutricional o inmunológico. La evidencia del retraso en el crecimiento en ambos casos, puede indicar una mayor susceptibilidad individual y por ende, una mayor fragilidad como resultado de un estrés crónico, lo que posiblemente contribuyó a su muerte, al sucumbir finalmente a los factores agudos de estrés.

Una de las limitantes metodológicas en el uso de patrones de retraso en el crecimiento para interpretar la salud de la población, es que la presencia de una respuesta esquelética al estrés no necesariamente indica una mala salud a nivel individual o de la población. Como sugiere Gowland (2015), la relación entre el medio ambiente y la plasticidad fenotípica, complica los marcos interpretativos tradicionales que consideran las circunstancias ambientales inmediatas como las determinantes de los resultados de salud. Los estudios de poblaciones vivas demuestran que la activación crónica del sistema de respuesta al estrés, está asociada con índices de morbilidad y mortalidad en la edad adulta, pero es ciertamente difícil la asociación entre los biomarcadores de estrés esquelético y la salud en general de la población (Edes y Crews, 2017; McEwen y Seeman, 1999; Temple y Goodman, 2014).

Los estándares de los modelos bioarqueológicos para evaluar la salud de poblaciones antiguas no fueron diseñados para abordar el sesgo en las series osteológicas de infantes y adolescentes, ya

que se basan principalmente en la identificación de indicadores de estrés fisiológico, sin tener en cuenta el impacto de los procesos de desarrollo en la respuesta al estrés; lo mismo sucede al tratar de reconstruir los contextos sociales, cuyas limitantes metodológicas impiden la reconstrucción total del medio ambiente en el que se desarrollaron los individuos. Dado que la influencia de la plasticidad del desarrollo sobre la susceptibilidad a la enfermedad y los procesos de formación de biomarcadores siguen estando poco definidos, este resquicio en la literatura bioarqueológica complica los esfuerzos para poder identificar e interpretar los patrones epidemiológicos en las poblaciones antiguas.

Un primer paso -esencial para abordar estos desafíos- consiste en definir cómo los entornos de desarrollo fomentan las respuestas fenotípicas plásticas y, más críticamente, cuándo es más probable que estas respuestas influyan en las trayectorias de desarrollo de manera perceptible en el registro bioarqueológico. Si logramos examinar cómo es que los estresores sociobiológicos marcan respuestas fenotípicas en los momentos críticos del desarrollo, podríamos encontrar una vía de investigación particularmente productiva, ya que en dichos momentos el fenotipo es especialmente receptivo a las señales ambientales (Kuzawa 2005; Kuzawa y Thayer, 2011; Thayer y Kuzawa, 2011). Estas señales, que incluyen las relacionadas con la enfermedad y la falta de recursos, pueden ejercer una influencia considerable sobre las trayectorias de crecimiento a corto y largo plazo (Kuzawa, 2005; Kuzawa y Thayer, 2011; Thayer y Kuzawa, 2011).

Además, las respuestas fenotípicas plásticas que resultan de estas señales varían de acuerdo con el gasto energético inmediato y a largo plazo de los individuos (Agarwal y Beauchesne, 2011; West-Eberhard, 2003). Los estudios de plasticidad adaptativa en humanos a menudo utilizan los postulados de la Teoría de Historias de Vida para darle sentido a las compensaciones existentes entre los patrones de crecimiento, la reproducción y la mortalidad observados a nivel individual y de la población. Según esta teoría, las personas tienen acceso limitado a los recursos energéticos durante toda su vida, por lo que estos se asignan a diferentes funciones biológicas con base en la información que obtienen de las señales ambientales y los sistemas interactivos de herencia genética y extra-genética (Charnov, 2002; Charnov 2004; Charnov y Zuo, 2011; McDade, 2003). Desde la perspectiva de la Teoría de Historias de Vida, el retraso del crecimiento en los niños puede representar, por lo tanto, las compensaciones energéticas entre el crecimiento somático y la función inmune, con una discordancia del crecimiento entre los tejidos conservativos y

altamente plásticos, que se acentúa en los períodos sensibles del desarrollo. Dado que las demandas energéticas cambian a lo largo del desarrollo debido a períodos definidos de vulnerabilidad inmunológica y rápido crecimiento somático, los individuos son más susceptibles al retraso en el crecimiento durante los períodos de desarrollo caracterizados por altas demandas energéticas. En consecuencia, estos períodos de mayor vulnerabilidad fisiológica deben tenerse en cuenta en los análisis del retraso del crecimiento a nivel de la población.

Independientemente de los factores de riesgo individuales y sus causas, la investigación epidemiológica moderna demuestra que el retraso del crecimiento es un problema importante para el desarrollo infantil, que puede traducirse en problemas de salud en la edad adulta. La salud es parte de las características de la corporeidad humana (Embodiment) y dicha corporeidad inicia en el desarrollo fetal y continúa a lo largo del curso de la vida (Csordas, 1990). El desarrollo infantil y adolescente (en adelante denominados como subadultos²) en poblaciones antiguas, también se vio afectado por el estrés ocasionado por la escasez de recursos y por factores sociales, lo que dio lugar a tendencias culturales y temporales específicas en dicho retraso. El registro bioarqueológico —en series esqueléticas— tiene el potencial para identificar y reconstruir las tendencias del retraso del crecimiento en las poblaciones del pasado.

No obstante, el potencial explicativo es limitado en muchos de estos casos, debido sobre todo a los aspectos que tienen que ver con los postulados de la paradoja osteológica³ (Wood et al., 1992). Wood y sus colegas (1992), plantearon que el estado de salud de los individuos que conforman una muestra no es representativa de la salud de toda la población, debido a la fragilidad heterogénea y a la mortalidad selectiva. Estos autores identificaron que las cohortes de individuos más jóvenes frecuentemente están compuestas de manera desproporcionada por los miembros

² Categoría utilizada en bioarqueología para denominar a los menores de 15 años.

³ Los paleopatólogos identifican enfermedades en restos óseos por la observación de huellas de lesiones evidentes en un esqueleto. Sin embargo, aquellos que sucumbieron a la muerte poco después de contraer una enfermedad no mostrarán signos de enfermedad en sus huesos, mientras que aquellos que pudieron vivir mucho más tiempo con la enfermedad habrán desarrollado lesiones óseas. En esto consiste la paradoja osteológica y a partir de su publicación en 1992 es considerada un parteaguas en el estudio de la salud en el pasado al introducir otros tres conceptos clave: la no estacionariedad de las poblaciones, la susceptibilidad oculta y la mortalidad selectiva, estos dos últimos se explican en el texto.

inmunológicamente más vulnerables y los socialmente menos favorecidos de esa sociedad (Wood et al., 1992, p. 347). Los recién nacidos y los niños en edad de destete, se encuentran en el proceso de una transición inmunológica que puede dejarlos especialmente vulnerables a las enfermedades transmisibles e infecciones parasitarias, y en algunos casos esta situación se ve agravada por las desigualdades sociales y económicas que contribuyen a aumentar el estrés fisiológico y las disparidades en el acceso a los recursos nutricionales.

El retraso en el crecimiento podría contribuir significativamente a la fragilidad heterogénea⁴ y, posiblemente, a la mortalidad selectiva, lo que puede medirse en muestras de esqueletos mediante un análisis de concordancia.

La muestra

En este trabajo analizamos muestras esqueléticas procedentes de dos sitios arqueológicos de Sonora (véase la figura 1), con distinta temporalidad y complejidad social, con la intención de: 1) identificar los efectos de la paradoja osteológica en las muestras, y 2) identificar qué factores sociales y biológicos proporcionan la explicación más consistente sobre las diferencias en la concordancia del crecimiento.

La Playa

Los fechamientos obtenidos para el sitio La Playa corresponden al periodo de Agricultura Temprana (2100 a.C. – 50 d.C.). Este sitio se ubica en la parte nor-central de Sonora a lo largo del río Boquillas; representa el conjunto de aldeas permanentes más tempranas en la región, con una subsistencia basada en una economía mixta complementada con la agricultura de riego. Algunos miembros de esta comunidad seguían siendo relativamente móviles en concordancia con la procuración de recursos tanto locales como no locales, como ha quedado evidenciado en el sitio por la

⁴ También llamada “heterogeneidad o susceptibilidad oculta” se refiere a que una muestra esquelética está integrada por una mezcla de individuos con distintas susceptibilidades al riesgo de morir. Esta heterogeneidad puede deberse a causas genéticas, a diferencias en el estatus socioeconómico, por variaciones microambientales o incluso por diferencias temporales en la salud, dado que la mayoría de las series osteológicas, principalmente las más grandes, representan acumulaciones de individuos de distintas épocas (Wood et al., 1992).

presencia de conchas marinas recolectadas en la costa del Golfo de California (aproximadamente a 100 km hacia el oeste), las que fueron usadas para producir ornamentos, los que ocasionalmente se encuentran entre los restos de los difuntos. En general, estas comunidades eran pequeñas (<50 individuos) y tenían una baja complejidad social. Los entierros se han recuperado de casi cuatro kilómetros del sitio, muchos en pequeños conjuntos, que probablemente indican grupos de parentesco.



FIGURA 1. Ubicación de los sitios La Playa y El Cementerio en Sonora.

La muestra esquelética de La Playa (N = 379) representa la muestra más grande y más antigua de la región. Las lesiones esqueléticas afectaron al 45% de los individuos de la muestra e incluyeron porosidades craneales (9.7%), infecciones no específicas (13.4%), osteomielitis (4.7%), lesiones degenerativas (32.7%), traumatismos (23%) y afecciones dentales (44.9%) (Watson y Villalpando, 2016). A pesar de la evidencia de patologías, la muestra presenta una baja mortalidad de subadultos, indicador de una población saludable en lo general. Los patrones funerarios son muy variados y los enterramientos están dispersos en casi todo el sitio, con algunos posibles conjuntos de entierros o cementerios incipientes, lo que puede indicar un tratamiento funerario y ritual individualizado. La muestra de La Playa que examinamos aquí, consta de 333 inhumaciones (que excluyen 46 cremaciones) (ver figura 2), de las cuales 61 (18.3%) corresponden a subadultos, de éstos solo 13 (21.3%) tenían dentición y huesos largos lo

suficientemente completos para la evaluación del crecimiento esquelético. Esta sub-muestra considera a los individuos cuya edad a la muerte se estimó entre los 4 y los 14 años..

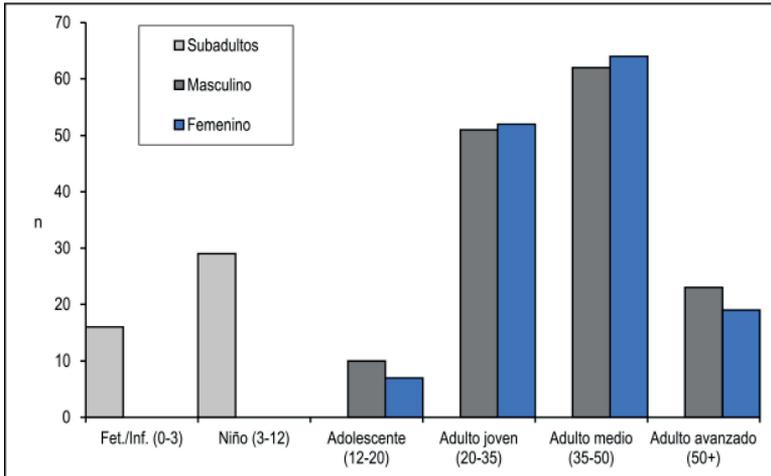


FIGURA 2. Distribución de la muestra esquelética de La Playa por edad y sexo.

El Cementerio

El sitio El Cementerio se ubica en el valle de Ónavas sobre la planicie aluvial del río Yaqui. Se trata de un área de alrededor de nueve hectáreas, que contiene cientos de enterramientos humanos. El sitio se caracteriza sobre todo por el extenso montículo funerario que llega a tener 2 metros de profundidad y de donde se han recuperado 114 inhumaciones y una cremación, además de otros elementos. Las fechas radiométricas caen en el rango de entre el 897 d.C y el 1635 d.C., fechas que sitúan al sitio entre los periodos Cerámico Medio y Cerámico Tardío sonoreense, periodo que coincide con la consolidación de la Tradición Aztatlán y su extensión hasta el río Mocorito (Carpenter et al., 2014; Carpenter et al., 2009), así como con el abandono de varios sitios ubicados en la planicie costera a lo largo de los ríos Mayo y Fuerte y una posible migración hacia el norte de los grupos Huatabampo de Sinaloa (Álvarez Palma, 2007). La fecha más tardía corresponde con el arribo de europeos al área del valle de Ónavas alrededor del 1600 d.C. (Guzmán, 1615).

La muestra de El Cementerio está integrada básicamente por inhumaciones primarias, aunque existen algunas secundarias, incluyendo una cremación en urna. La mayoría de los individuos se colocaron en una posición supina extendida (boca arriba), principalmente orientada de este a oeste. La posición del cuerpo, la ubicación y la orientación varían de manera similar en todos los grupos de edad y entre los sexos en todo el sitio y en toda su profundidad. Casi la mitad de la muestra está compuesta por individuos subadultos, 62 casos (53.4%) (véase la figura 3), mientras que, entre los adultos, encontramos 30 (25.9%) individuos de sexo masculino y 24 (20.7%) individuos femeninos. De los 62 subadultos de la muestra, solo nueve (14.5%) tenían dentición y huesos largos lo suficientemente completos para la evaluación del crecimiento esquelético. Esta submuestra varía en edad desde recién nacidos hasta los 17 años.

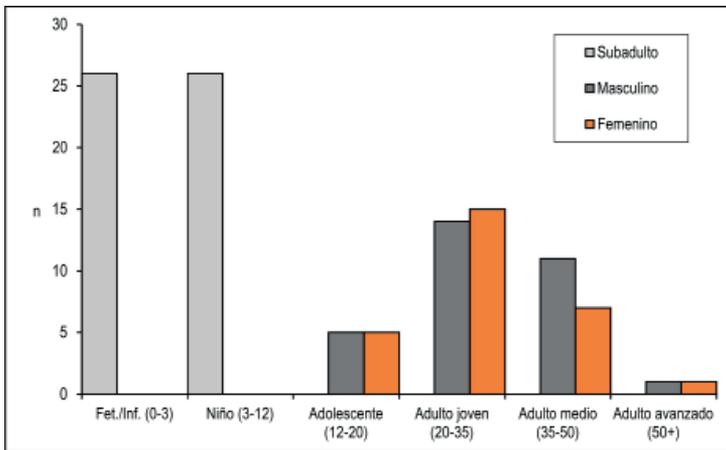


FIGURA 3. Distribución de la muestra esquelética de El Cementerio por edad y sexo.

Además de los entierros, se han recuperado decenas de miles de artefactos del relleno del montículo, la mayoría de los cuales comprenden tiestos de cerámica, fragmentos de ollas y cuencos monocromáticos de color rojo o café, algunos decorados, de producción local. La mayoría de los artefactos fueron fabricados o adquiridos a partir de materias primas disponibles localmente a lo largo del río Yaqui (Valdivinos Pérez et al., 2016). Las posibles excepciones a este patrón incluyen varios cientos de piezas de joyería de conchas marinas recuperadas de contextos mortuorios

y más de 100 piezas de joyería de piedra pulida (cuentas y pendientes) elaboradas en turquesa cultural, recuperadas de varios entierros de subadultos (Watson et al., 2016).

El 48% de los individuos de la muestra tienen objetos funerarios asociados, que consisten casi exclusivamente en joyería (pectorales, pendientes, pulseras, cuentas, aretes) manufacturada en concha —considerada un bien de prestigio relacionado con las redes de intercambio de larga distancia—, así como en turquesa; en varios casos encontramos piezas de ambas materias primas, que en conjunto formaron pulseras, collares o ajorcas. Otros objetos asociados han sido un caparazón de una tortuga sobre el abdomen de un individuo, punzones de hueso animal, una vasija globular, varios tiestos cerámicos de gran tamaño y una punta de proyectil.

Las características más notables de la muestra mortuoria de El Cementerio son los individuos con marcada modificación craneal (52%) y dental (13%). Los cráneos exhiben una forma de modificación alargada pronunciada (tabular erecto y tabular oblicuo) que es igualmente común entre los subadultos y adultos de ambos sexos; además, todos los individuos con modificación dental presentan deformación craneal. Las lesiones esqueléticas afectaron al 38% de los individuos de El Cementerio, incluidas porosidades craneales (6.8%), infecciones no específicas (7%), osteomielitis (1%), lesiones degenerativas (42%), traumatismos (16%) y afecciones dentales (23.9%) (García y Watson, 2016).

Nuestras interpretaciones sobre el sitio se basan en las características de la cultura material, la presencia de la deformación craneal y el limado dental (características presentes en sociedades contemporáneas en el Occidente de México) y en la presencia de los objetos de concha, aspectos que para nosotros son indicadores de la influencia de sociedades de tradiciones culturales del sur, expresando su identidad mediante la modificación craneal y dental y que posiblemente insertara a este grupo en la dinámica del intercambio macrorregional de la época (Watson et al., 2016).

Métodos

La estimación de la edad de los individuos se basó en la erupción y el desarrollo de las denticiones deciduas y permanentes, siguiendo a Moorrees et al. (1963a; Moorrees et al. 1963b) y Ubelaker (1989). Debido a que existe una alta probabilidad de error cuando se emplean estos enfoques osteológicos, hemos empleado con cautela estos métodos. Dado que los dientes y los huesos tienen un origen embriológico distinto y su tiempo de desarrollo

varía significativamente, estimamos la edad de cada individuo utilizando las técnicas desarrolladas para estimar la edad dental y la edad esquelética a fin de comparar las etapas de desarrollo o "edad" de cada sujeto evaluado. Las longitudes diafisarias se graficaron contra la edad dental para examinar la concordancia y demostrar alteraciones en los patrones de crecimiento de los subadultos de las muestras analizadas (Cunningham et al., 2017). Se midieron todas las diáfisis completas, dando preferencia a las del lado izquierdo. Las longitudes diafisarias máximas se midieron utilizando calibradores Mitutoyo (con una precisión de 0.01 mm) para huesos menores de 150 mm y una tabla osteométrica para huesos mayores de 150 mm utilizando estándares de medición según Buikstra y Ubelaker (1994).

Resultados

La mortalidad de los subadultos evaluados es casi cuatro veces mayor en la muestra de El Cementerio (56.8%) en comparación con la muestra de La Playa (16.2%). La edad promedio de muerte para la muestra esquelética de La Playa fue en algún momento durante la tercera década de la vida (20-30 años) con una esperanza promedio de vida al nacimiento de aproximadamente 31 años. Muchos individuos llegaron hasta la quinta y sexta décadas de la vida. La edad media de muerte para la muestra de El Cementerio fue similar, durante la tercera década de la vida (20-30 años), aunque la esperanza de vida al nacer era casi la mitad que en La Playa, aproximadamente 17 años. Por supuesto, el cálculo de la esperanza de vida se ve afectado por la alta mortalidad infantil.

Las comparaciones de crecimiento óseo difirieron ligeramente entre cada sitio. Ocho de los 13 subadultos (61.5%) medidos de La Playa (véase la figura 4) muestran discordancia negativa entre las estimaciones de edad dental y la obtenida a partir de las longitudes de los huesos largos (edad dental > edad hueso largo), mientras que seis de los nueve subadultos (66.6%) de El Cementerio (véase la figura 5) experimentaron discordancia negativa. Dada la imprecisión metodológica de las técnicas de estimación de la edad esquelética, consideramos que las discordancias dentro de los 2.0 años abarcan la variación normal y, por lo tanto, la discordancia es no significativa. Bajo esta perspectiva, solo dos subadultos (15.4%) de La Playa y tres de El Cementerio (33.3%) exhiben discordancia significativa y posiblemente evidencia de retraso del crecimiento. En ambos sitios, estos individuos representan las cohortes de subadultos de mayor edad (niños mayores y adolescentes).

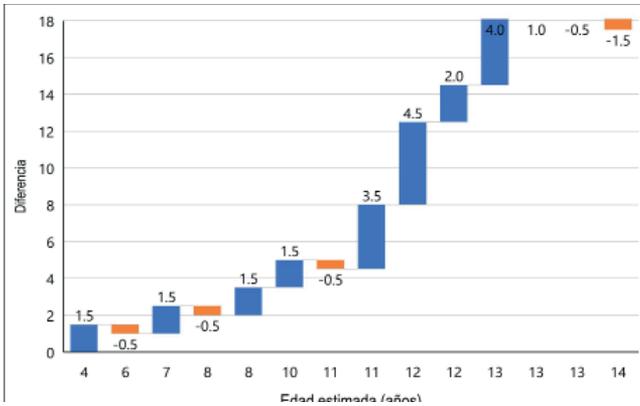


FIGURA 4. Diferencia entre las estimaciones de edad en la muestra de La Playa con base en las estimaciones dentales (eje x) y la edad ósea según la longitud diafisiaria (eje y; azul=la edad ósea es menor que la edad dental; naranja=edad dental es menor que la edad ósea según la longitud diafisiaria). El asterisco identifica diferencias significativas.

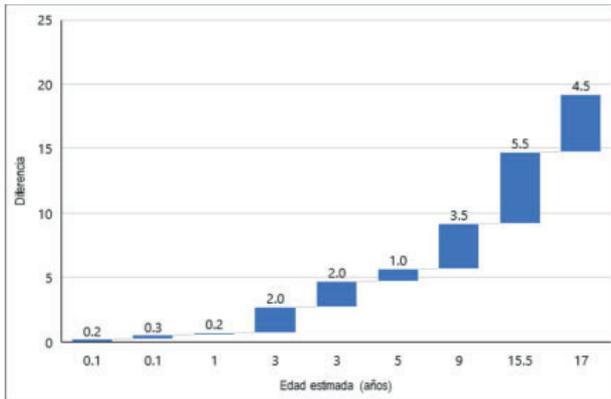


FIGURA 5. Diferencia entre las estimaciones de edad en la muestra de El Cementerio basada en las estimaciones dentales (eje x) y la edad ósea larga (eje y; azul=la edad ósea según la longitud diafisiaria es menor que la edad dental; naranja=la edad dental es menor que la edad ósea según la longitud diafisiaria). El asterisco identifica diferencias significativas.

Una comparación de la estatura, estimada a partir de la longitud de los huesos largos, identifica que los adolescentes de La Playa son consistentemente más altos que los de El Cementerio, aparte del segmento de los niños ubicados en la

infancia tardía (véase la figura 6). Los adolescentes de 13 a 14 años de La Playa muestran un crecimiento rápido y considerable asociado con el inicio de la pubertad, pero los individuos en el rango de niñez tardía y adolescentes de El Cementerio son muy bajos de estatura para su edad estimada, lo que sugiere un estrés crónico considerable que provoca esta detención o atrofia en el crecimiento.

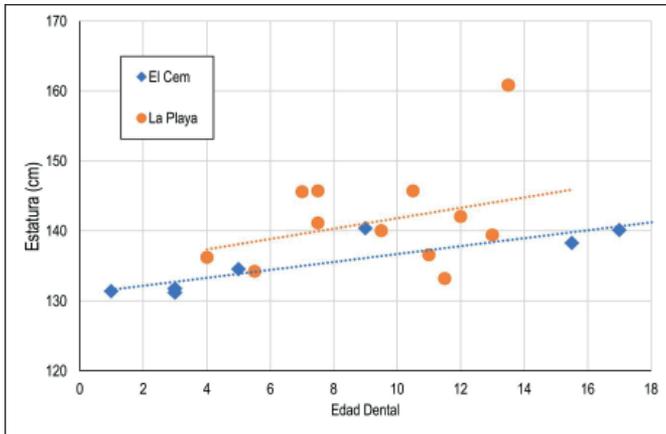


FIGURA 6. Estimación de la estatura media de longitudes diafisarias de subadultos en muestras de los sitios La Playa y El Cementerio.

Discusión

Varios estudios bioarqueológicos en muestras del oeste medio de los Estados Unidos, han identificado evidencias de retraso en el crecimiento entre grupos de agricultores con dependencia alimentaria del maíz en comparación con las poblaciones tempranas de forrajeros y con alimentación mixta (Cook, 1979; Cook y Buikstra, 1979; Goodman et al., 1989; Goodman et al., 1984; Lallo, 1973). Las muestras examinadas en este estudio deberían haber presentado una dicotomía similar entre economías de subsistencia y complejidad social, pero no se encontraron evidencias significativas de retraso del crecimiento.

Las comparaciones de las estimaciones de edad con base en el desarrollo dental versus el desarrollo de huesos largos de las muestras, identificaron que ambas presentaron retraso en el crecimiento, aunque la afectación en las muestras de subadultos

fue diferente. Aunque el retraso en el crecimiento fue más consistente en la muestra El Cementerio, varios individuos de La Playa experimentaron mayores grados de retraso en el crecimiento, lo que quizás sea indicativo de una mayor susceptibilidad individual o de la exposición prolongada a factores biológicos de estrés. La comparación de estatura en subadultos entre ambas muestras presenta una tendencia similar; sin embargo, la mayoría de los subadultos de La Playa (aparte de los individuos más gravemente afectados) fueron consistentemente más altos que sus homólogos de El Cementerio, particularmente entre la cohorte de adolescentes. Nuestros resultados indican que el estrés biológico en edades tempranas, probablemente está relacionado con las malas condiciones de salud, la morbilidad, la mortalidad y la estatura alcanzada por los subadultos.

Las dos muestras esqueléticas de Sonora examinadas en este estudio, revelan diferentes patrones de morbilidad y mortalidad, así como la prevalencia de retraso en el crecimiento mayor entre los adolescentes de El Cementerio que entre los de La Playa. Este resultado es consistente con los análisis comparativos previos, en los que se descubrió que los individuos adultos tanto hombres como mujeres de La Playa, eran consistentemente más altos que sus homólogos de El Cementerio (Watson y Villalpando, 2016). Sin embargo, hay similitudes en el patrón de retraso en el crecimiento observado en ambas series juveniles: la muestra de El Cementerio evidencia una alta mortalidad juvenil y una estatura más baja que los primeros agricultores de La Playa, pero la evidencia de retraso en el crecimiento significativo en ambas muestras se limita a unos pocos individuos en la infancia tardía y la adolescencia.

Los adolescentes deben mostrar un crecimiento rápido y lineal asociado con el inicio de la pubertad, pero entre algunos individuos en la infancia tardía y la adolescencia temprana estos indicadores son muy bajos para su edad estimada. Sugerimos que el retraso en el crecimiento durante esta etapa de desarrollo se entiende mejor como una compensación entre el crecimiento lineal y la función inmune, y que esta compensación probablemente afectó la fragilidad heterogénea y la mortalidad selectiva en ambos sitios.

El período de desarrollo sensible en la infancia tardía, caracterizado por un crecimiento lineal rápido y energéticamente costoso, puede haber coincidido con una mayor participación en actividades de subsistencia relacionadas con la agricultura, colocando a las personas que eran inmunológicamente vulnerables y / o privadas de recursos, en mayor riesgo de mortalidad. La principal limitación de este estudio es el tamaño de la muestra

de subadultos disponible para medición, resultado de una pobre preservación esquelética y que no se puede abordar fácilmente debido a la escasez de grandes conjuntos bioarqueológicos en Sonora. Sin embargo, esperamos que el marco interpretativo utilizado en este estudio piloto pueda aplicarse productivamente a otras poblaciones bioarqueológicas con muestras juveniles en un mejor estado de conservación.

Los individuos en ambas muestras que presentan retraso en el crecimiento, aparecen en la cúspide o dentro de esta ventana potencial de crecimiento de recuperación de adolescentes. Sin embargo, los adolescentes también representan la proporción más pequeña de ambas muestras, lo que indica que estos individuos probablemente sufrieron estrés crónico (prolongado). Si en esas poblaciones estaban muriendo pocos adolescentes, pero los que estaban muriendo parecieran haber sufrido alteraciones crónicas de la salud, nuestros resultados probablemente reflejan elementos de la paradoja osteológica, particularmente la fragilidad heterogénea y la mortalidad selectiva (Wood et al. 1992). La evidencia de retraso en el crecimiento en estos pocos individuos, reflejaría entonces un aumento de la fragilidad debido al estrés crónico, lo que probablemente contribuyó (como causa subyacente-última causa) a su muerte (mortalidad selectiva).

Por supuesto, la mortalidad infantil y de niños en estas muestras también podría asociarse con una fragilidad heterogénea, aunque existen otras explicaciones posibles de por qué los individuos carecen de evidencias de retraso del crecimiento. La primera de ellas sería que los individuos más jóvenes sucumbieron al estrés agudo por alteraciones de la salud que resultaron en la muerte, quizás asociada con el desarrollo de sistemas inmunológicos, estrés por destete o a otros factores que contribuyen a esa fragilidad. La segunda es que los individuos más jóvenes podrían haber experimentado un crecimiento de recuperación durante una o ambas ventanas tempranas del desarrollo, pero eventualmente sucumbieron a alteraciones de salud más agresivas, como graves infecciones virales o bacterianas.

Más allá de las complicaciones propuestas por la paradoja osteológica, argumentamos que la fragilidad heterogénea y la mortalidad selectiva pueden entenderse mejor desde la perspectiva de la corporeidad, en la que los individuos se vuelven más susceptibles a los resultados de salud negativos (morbilidad) a medida que el estrés crónico, tanto social como biológico, se acumula durante su vida. La teoría de la corporeidad examina críticamente las ideologías asociadas con la desigualdad y los efectos corporales que estas tensiones de tipo social pueden tener

en los individuos, afectando la experiencia de vida y, finalmente, los resultados de salud (Csordas, 1990). Existen pocas evidencias de la desigualdad social en el sitio de La Playa, pero pudieran existir indicios de contraste entre la experiencia de vida de algunos miembros de la sociedad entre los residentes de El Cementerio. La presencia de conjuntos no paralelos de señalización biosocial a través de modificaciones craneales y dentales en el sitio (Watson et al., 2016) puede reflejar el acceso diferencial a los recursos, incluyendo el contacto con grupos culturales de influencia a lo largo de la costa del Occidente de México y el comercio de ornamentos de conchas exóticas.

El retraso en el crecimiento de niños mayores y adolescentes en El Cementerio es resultado del estrés crónico, por lo cual, a pesar de situarse en la ventana de desarrollo principal cuando el crecimiento de recuperación habría sido posible, estos individuos no progresaron y finalmente murieron. La fragilidad puede ser una expresión corporal de estrés social y ambiental (biológico) y la mortalidad la consecuencia negativa final de la salud. La fragilidad pudo haber sido el resultado de las condiciones de vida y la desigualdad social inherentes a un incipiente sistema social jerárquico .

Si las poblaciones de La Playa y El Cementerio se ven a través de este lente, se entenderán mejor los patrones de morbilidad y mortalidad en ambas muestras como un reflejo de estresores biosociales locales y culturales específicos que interactuaron con los procesos de desarrollo que pusieron a los individuos en un riesgo elevado de mortalidad durante las ventanas de desarrollo sensible. El significativo retraso en el crecimiento observado en la infancia tardía y la adolescencia temprana es una respuesta fisiológica al aumento de los requerimientos energéticos al inicio de la pubertad, posiblemente un aumento de las demandas energéticas como resultado de la intensificación de las actividades de subsistencia y de la activación del sistema inmune en respuesta a la exposición a patógenos.

Las discordancias severas entre el desarrollo dental y el desarrollo del hueso largo se producen como resultado de restricciones energéticas que afectan desproporcionadamente el crecimiento de más tejidos plásticos durante los períodos de desarrollo en los cuales las demandas energéticas son particularmente altas. El momento y la gravedad de estas discordancias (> 2.0 años) sugieren que este patrón es el resultado de interrupciones acumuladas del crecimiento derivadas de la acumulación de fallas en los requerimientos energéticos durante un prolongado período de tiempo.

Proponemos que si se trabajara con modelos de estrés y salud que incorporen conceptos de la literatura sobre plasticidad del crecimiento y desarrollo, se podría proporcionar a los bioarqueólogos una nueva estrategia para abordar el problema de fragilidad individual planteado por la paradoja osteológica. Recientemente, los bioarqueólogos empezaron a considerar el papel que la plasticidad del crecimiento y el desarrollo tienen en la configuración de los patrones de morbilidad y mortalidad en las colecciones osteológicas, pues proporcionan un marco teórico prometedor que permite analizar y explicar las interacciones entre la fisiología humana y los diversos contextos ambientales tanto a corto plazo, como en una escala evolutiva.

Las muestras esqueléticas dispares de Sonora proporcionan un caso de estudio interesante para probar el retraso en el crecimiento, la fragilidad heterogénea y la mortalidad selectiva. La muestra de El Cementerio muestra una mortalidad juvenil elevada y estaturas menores que la de los agricultores tempranos de La Playa, sin embargo, la evidencia de retraso en el crecimiento está limitada a unos pocos individuos juveniles. Sugerimos que nuestros resultados proporcionan una imagen matizada de estrés crónico entre ambas muestras, en la cual la posibilidad de que la desigualdad internalizada en los cuerpos en estos individuos pudo haber impactado la fragilidad heterogénea y la mortalidad selectiva del sitio. La mayor limitante de este estudio es el reducido tamaño de la muestra de subadultos disponibles para obtener los parámetros utilizados en este estudio —resultado principalmente del mal estado de los esqueletos. Buscaremos poder incrementar en un futuro la muestra de individuos subadultos y poder empezar a examinar el crecimiento aposicional como un mecanismo adicional para medir las restricciones en el crecimiento en muestras esqueléticas prehispanicas.

Referencias

- Agarwal, S. C., Beatchesne, P. (2011). It is Not Carved in Bone: Development and Plasticity of the Aged Skeleton. En S.C. Agarwal y B.A. Glencross (Eds.) *Social Bioarchaeology* (312-332). Londres: Wiley-Blackwell.
- Agarwal, S.C. (2016). Bone morphologies and histories: life course approaches in bioarchaeology. *Yearbook of Physical Anthropology* 159, 130-149.
- Álvarez Palma, A.M. (2007). Reinterpretando Huatabampo. En C. García M. y E. Villalpando (Eds.), *Memoria del Seminario de Arqueología del*

- Norte de México* (99-114). Hermosillo, Sonora: Centro INAH Sonora.
- Black, R. E., Allen, L. H., Bhutta, Z. A., Caulfield, L. E., de Onis, M. y Ezzati, M. 2008. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *Lancet* 371:243-60.
- Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P. y de Onis, M. 2013. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet* 382, 427-451.
- Bhutta, Z. A., Das, J. K., Rizvi, A., Gaffey, M. F., Walker, N. y Horton, S. 2013. Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: what can be done and at what cost? *Lancet* 382, 452-477.
- Buikstra, J. E., Ubelaker, D. H. 1994. Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains. *Arkansas Archeological Survey Research Series* No. 44.
- Carpenter, J. y Sánchez, G. (2014). Interaction and Integration of the Northern Aztatlan Frontier in Sinaloa. Ponencia presentada en la 79 Reunión Anual de la Sociedad Americana de Arqueología, Austin, Texas.
- Carpenter, J. y Vicente, J. (2009). Fronteras compartidas: La conformación social en el norte de Sinaloa y sur de Sonora durante el periodo cerámico (200 d.C.-1532 d.C.), *Espaciotiempo* 3, 82-96.
- Cook D. C. 1979. Part four: subsistence base and health in prehistoric Illinois Valley: evidence from the human skeleton. *Medical Anthropology* 3 (1), 109-124.
- Cook D. C. y Buikstra, J. E. (1979). Health and differential survival in prehistoric populations: prenatal dental defects. *American Journal of Physical Anthropology* 51 (4), 649-664.
- Charnov, E. L. y Zuo W. (2011). Growth, mortality, and life-history scaling across species. *Evolutionary Ecology Research* 13, 661-664.
- Charnov, E. L. (2004). The optimal balance between growth rate and survival in mammals. *Evolutionary Ecology Research* 6, 307-313.
- Charnov, E. L. (2002). Reproductive effort, offspring size and benefit-cost ratios in the classification of life histories. *Evolutionary Ecology Research* 4, 749-758.
- Csordas, T. 1990. Embodiment as a paradigm for anthropology. *Ethos* 18, 5-47.
- Cunningham, C., Scheuer, L. y Black, S. 2016. *Developmental Juvenile Osteology* (segunda edición). Academic Press.
- Danaei G., Andrews, K. G., Sudfeld, C. R., Fink, G., McCoy, D. C., Peet, E. y Fawzi, W. W. 2016. Risk factors for childhood stunting in 137 developing countries: a comparative risk assessment analysis at global, regional, and country levels. *PLoS Medicine*, 13 (11), e1002164.
- DeWitte, S. N., Stojanowski, C. M. (2015). The osteological paradox 20 Years Later: past perspectives, future directions. *Journal of*

- Archaeological Research* 23, 397-450.
- Doughty, P., Reznick, D. N. (2004). Patterns and analysis of adaptive phenotypic plasticity in animals. En T. J. DeWitt y S. M. Scheiner (Eds.), *Phenotypic Plasticity: Functional and Conceptual Approaches* (126-150). New York, NY: Oxford University Press.
- Edes, A.N., Crews, D.E. (2017). Allostatic load and biological anthropology. *American Journal of Physical Anthropology* 162: 44-70.
- Gallaga, E. 2007. The pre-hispanic communities of the Onavas valley: new archaeological research in the middle yaqui river valley, Sonora, Mexico. *Kiva* 72, 329-344.
- García Moreno, C. y Watson J. T. 2016. Paleopatología de la población prehispánica del valle de Ónavas, Sonora. Ponencia presentada en la *Segunda Reguni6n Anual del Seminario Ales Hrdlicka*, Hermosillo, Sonora.
- Goodman, A. H. y Armelagos, G. J. 1989. Infant and childhood morbidity and mortality risks in archaeological populations, *World Archaeology* 21 (2), 225-243. DOI: 10.1080/00438243.1989.9980103
- Goodman, A. H., Lallo, J., Armelagos, G. J. y Rose, J. C. 1984. Health changes at Dickson
- Mounds, Illinois (A.D. 950-1300). En M. N. Cohen y G. J. Armelagos (Eds.) *Paleopathology at the Origins of Agriculture* (271-305). Orlando: Academic Press.
- Jablonska, E. y Lamb, M. J. (2005). *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kuzawa, C. W. y Thayer, Z. M. (2011). Timescales of human adaptation: the role of epigenetic processes. *Epigenomics*, <http://dx.doi.org.ezproxy4.library.arizona.edu/10.2217/epi.11.11>.
- Kuzawa, C. W. (2013). You are what your mother ate? *American Journal of Clinical Nutrition* 97, 1157-1158.
- Kuzawa, C. W. (2007). Developmental origins of life history: growth, productivity, and reproduction. *American Journal of Human Biology* 19, 654-661.
- Kuzawa C. W. (2005). Fetal origins of developmental plasticity: are fetal cues reliable predictors of future nutritional environments? *American Journal of Human Biology* 17, 5-21.
- Guzmán, D. (1615). Carta del Padre Diego Guzmán al Padre Provincial de Septiembre de Mil Seiscientos Veinte y Nueve, *Historia* 15. *Memorias para la Historia de la Provincia de Sinaloa*. Ciudad de México: Archivo General de la Nación.
- Lallo, J. (1973). *The skeletal biology of three prehistoric American Indian populations from Dickson Mound*. Amherst: University of Massachusetts.
- Marklein, K. E., Leahy, R. E. y Crews, D. E. (2016). In sickness and in

- death: assessing human frailty in human skeletal remains. *American Journal of Physical Anthropology* 161, 208-225.
- Mays, S. (1999). Linear and appositional long bone growth in earlier human populations: a case study from mediaeval England. En R. D. Hoppa y C. M. Fitzgerald (Eds.), *Human Growth in the Past: Studies from Bones and Teeth* (290-312). Cambridge: Cambridge University Press.
- McDade, T. W. (2003). Life history theory and the immune system: steps toward a human ecological immunology. *Yearbook of Physical Anthropology* 46, 100-125.
- McEwen, B. S. y Seeman, T. E. (1999). Protective and damaging effects of mediators of stress: elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load. *Annals of the New York Academy of Sciences* 896, 30-47.
- Moorrees, C. F. A, Fanning, E. A. y Hunt, E. E. (1963a). Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of Dental Research* 42 (6), 1490-1502.
- Moorrees, C. F. A, Fanning, E. A. y Hunt, E. E. (1963b). Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *American Journal of Physical Anthropology* 21(2), 205-213.
- Prentice, A. M., Ward, K. A., Goldberg G. R., Jarjou, L. M., Moore, S. E., Fulford, A. J. y Prentice, A. (2013). Critical windows for nutritional interventions against stunting. *American Journal of Clinical Nutrition* 97, 911-918.
- Richard, S. A., Black, R. E., Gilman, R. H., Guerrant, R. L., Kang, G., Lanata, C. F., Mølbak, K., Rasmussen, Z. A., Sack, R. B., Valentiner-Branth, P., Checkley, W., the Childhood Malnutrition and Infection Network. 2014. Catch-up growth occurs after diarrhea in early childhood. *The Journal of Nutrition* 144 (6), 965-971.
- Stevens, G. A., Finucane, M. M., Paciorek, C. J., Flaxman, S.R., White, R.A., Donner, A.J., Ezzati, M. Nutrition Impact Model Study Group (Child Growth). (2012). Trends in mild, moderate, and severe stunting and underweight, and progress towards MDG 1 in 141 developing countries: a systematic analysis of population representative data. *Lancet* 380 (9844), 824-34.
- Temple, D. H. y Goodman, A. H. (2014). Bioarchaeology has a "health" problem: conceptualizing "stress" and "health" in bioarchaeological research. *American Journal of Physical Anthropology* 155, 186-191.
- Thayer, Z. M. (2014). Early origins of health disparities: material deprivation predicts maternal evening cortisol in pregnancy and offspring cortisol reactivity in the first few weeks of life. *American Journal of Human Biology* 26, 723-730.
- Thayer, Z. M. y Kuzawa, C. W. (2011). Biological memories of past environments: epigenetic pathways to health disparities. *Epigenetics*

6, 98-803.

- Ubelaker D. H. (1989). The estimation of age at death from immature human bone. In M. Y. Iscan (ed.) *Age Markers in the Human Skeleton* (55-70). Springfield: Charles C. Thomas Pub.
- Valdovinos Pérez, V. y García Moreno, C. (2016). Sobre cantos de río: la industria lítica en el valle de Ónavas, Sonora. *Arqueología* 52. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Watson, J. T. y García Moreno, C. (2016). Postclassic expansion of Mesoamerican (biocultural) characteristics into Sonora, Northwest Mexico. *Journal of Field Archaeology* 41 (2), 222-235.
- Watson, J. T. y Villalpando M. E. (2016). Bioarqueología del sitio La Playa y los primeros pobladores agrícolas en el Desierto Sonorense. Ponencia presentada en la *Segunda Reunión Anual del Seminario Ales Hrdlicka*, Hermosillo, Sonora.
- Wood, J. W., Milner, G. R., Harpending, H. C., Weiss, K. M., Cohen, M. N., Eisenberg, L. E., Hutchinson, D. L., Jankauskas, R., Česnys, G., Katzenberg, M. A., Lukacs, J. R., McGrath, J. W., Roth, E. A., Ubelaker, D. H. y Wilkinson, R. G. (1992). The osteological paradox: problems of inferring prehistoric health from skeletal samples [and comments and reply]. *Current Anthropology* 33 (4), 343-70.
- World Health Organization. (2018). Child growth standards: length/height-for-age. World Health Organization. [referenced 2018 Oct 8]. Available from: http://www.who.int/childgrowth/standards/height_for_age/en/.